

УДК 621.372

М.О. Мартинюк, студент гр. ПГ-71мп, В.О. Аксініченко, ст. гр ПГ-81мп
КПІ ім. Ігоря Сікорського

ОГЛЯД ТА АНАЛІЗ СУЧАСНИХ ДАТЧИКІВ ДЕФОРМАЦІЇ

Анотація. У даній роботі приведені способи виміру деформацій, проаналізовані датчики деформації, їх переваги та недоліки. З проведеного аналізу показано, що найбільш доцільним є використання волоконно-оптичного датчика.

Ключові слова: датчик деформації, тензодатчик, волоконно-оптичний датчик, пневматичний датчик, п'єзоелектричний датчик, магнітопружний датчик.

ВСТУП

У процесі контролю технічного стану конструкцій широко впроваджується моніторинг напружено-деформованого стану, який включає в себе оцінку деформації чи інших параметрів матеріалу, викликаних механічною напругою в об'єкті контролю.

Існують різні способи виміру деформації, які можна поділити на:

1. Оптичні. Засновані на вимірюванні малих зміщень поверхні, які реєструються, наприклад, інтерференційними методами, методами муарових візерунків та ін.

2. Пневматичні. Засновані на вимірюванні тиску стисненого повітря в соплі, що прилягає до поверхні досліджуваної деталі.

3. Акустичні. Засновані на вимірюванні змін акустичних параметрів матеріалу (швидкість звуку, акустичний опір, загасання) при дії навантажень. Ці зміни можуть бути виміряні п'єзоелектричними датчиками.

4. Електричні. Використовують зміну електричних параметрів матеріалу чутливого елементу тензодатчика при дії навантажень, як правило, зміни електричного опору або генеруючі напруги при деформаціях (п'єзоелектричні). Недолік останніх – непридатність для вимірювання статичних деформацій, але їм властива висока чутливість.

5. Рентгенівські. Засновані на вимірюванні міжатомних відстаней у кристалічній решітці матеріалу досліджуваного об'єкта [1].

ВИДИ ДАТЧИКІВ ДЕФОРМАЦІЇ

Датчик деформації перетворює величину деформації в електричний сигнал. Його можна використовувати не тільки за прямим призначенням, але й для вимірювання різних параметрів, та у багатьох інших датчиках, як проміжний елемент [2].

Тензодатчик або тензорезистор. Основний первинний пристрій, який перетворює фізичну величину в нормований електричний сигнал. При розтязі або стисненні чутливих елементів тензорезистора змінюється їх довжина та поперечний переріз, що в свою чергу, збільшує та зменшує опір відповідно. Тензодатчик приведено на рис. 1 [3].



Рисунок 1. Тензодатчик

До основних переваг належать: сприйняття всіх деформацій зовнішнього волокна деталі, реагування на стиск або розтяг, невеликі розміри (безінерційні), можливе розміщення у важкодоступному місці, не спотворюють інформацію,

сумісність з вимірами напруги. Маючи такі переваги, тензорезистори набули значного поширення.

До основних недоліків належать: втрата чутливості при критичних перепадах температури та мала зміна опору, через що, під час вимірювання, використовують вимірювальні схеми з високою чутливістю. Датчики можуть включатися в мостові та потенціометричні схеми для вимірювання різноманітних деформацій. При використанні тензодатчиків, можливо вимірювати як статичні, так і динамічні деформації [3].

Пневматичний або датчик тиску. Прилад складається з первинного перетворювача тиску, у склад якого входить чутливий елемент з приймачем тиску, схема вторинної обробки та пристрій виводу, розміщені у корпусі. В таких датчиках створене ними зусилля, яке в свою чергу, через передавальні механізми переходить в кутове або лінійне переміщення стрілки на шкалі приладу, або деформація пружних чутливих елементів визначає тиск. На рис. 2 зображено датчик тиску Сапфір-22МТ [4].



Рисунок 2. Датчик тиску Сапфір-22МТ

Основна відмінність даних датчиків є точність, з якою прилад реєструє тиск, яка залежить від принципу перетворення тиску в електричний сигнал [4].

П'єзоелектричний датчик. В основі його роботи стоїть п'єзоелектричний ефект. Коли до п'єзоелектрику прикладається механічне напруження, він поляризується в зазначеному напрямку, і між його гранями з'являється електрична різниця потенціалів. Величина механічної напруги, прикладеного до кристалу, прямо пов'язана з величиною його деформації, а, отже, і з різницею потенціалів між його гранями. Це дозволяє по виміряній величині напруги дізнатися величину діючої на п'єзокристал сили. П'єзоелектричний датчик використовується для виміру швидкозмінного тиску, якщо тиск змінюється не достатньо швидко, то зростає

похибка перетворення через перехід електричного заряду з пластин до корпусу. Якщо п'єзоелектрик деформувати, і залишити його в цьому стані, то напруга між обкладками зменшиться через осідання на них іонів повітря і струму, що протік через систему реєстрації. Таким чином, при незмінній деформації п'єзоелектрика напруга між обкладками буде зменшуватися, поки не досягне

нуля. Тому п'єзодатчик (рис. 3) зручний у використанні тільки при вимірі відносно швидких деформацій [5].



Рисунок 3. П'єзоелектричний датчик

Високі динамічні характеристики та здатність сприймати коливання тиску з частотою від десятків Гц до десятків МГц – це

є основними перевагами п'єзоелектричних датчиків. Застосовуються при вимірах вібрацій і деформацій, а також тензометричних вимірах, у вагових і сортувальних (по вазі) пристроях, тощо [6].

Магнітопружний датчик або магнітострикційний датчик (рис. 4). Це прилад, що вимірює та перетворює механічні деформації або тиск в електричний сигнал. В основі роботи датчика є використання залежності магнітних характеристик таких матеріалів, як пермалой чи інвар, від їх механічної напруги. Такий датчик оптимально використовувати для виміру як постійних, так і швидкозмінних малих деформацій у твердих тілах, для виміру тиску рідин або газів, коли необхідна висока чутливість вимірів, але при втратах точності [6].



Рисунок 4. Магнітострикційний датчик з цифровим виходом [7]

Волоконно-оптичні датчики (рис. 5). Основний принцип роботи полягає в тому, що світло проходячи через оптичне волокно від лазера або суперлюмінесцентного оптичного джерела, зазнає слабких змін своїх параметрів у волокні чи в одній або декількох бреггівських решітках, які оцінюються в схемі детектування [9]. Основні властивості це вибухобезпечність, безіндукційність, еластичність, широкосмуговість, механічна міцність, відсутність взаємної інтерференції, висока електроізоляційна міцність та висока корозійна

стійкість, до хімічних розчинників, мастил, води, малі втрати вимірювання, діаметр і маса. А також характеризуються високою точністю вимірювання, підходять для виміру статичних і динамічних напруг, не спотворюючи отримані дані, працюючи навіть в екстремальних умовах, а невеликі розміри дають змогу використовувати датчики практично в будь-яких вимірювальних пристроях, мають низьку собівартість в порівнянні з дорогими аналогами.



Рисунок 5. Волоконно-оптичний датчик [8]

До недоліків належить непрактичне застосування багатомодових оптичних волокон в когерентних лініях зв'язку, через невелику швидкість передачі інформації [6].

ВИСНОВОК

Розглянувши вищезазначені види датчиків та їхні характеристики, можна зробити висновок, що волоконно-оптичні датчики мають найбільшу кількість переваг, можливість використання в різноманітних задачах, задовольняють критерій цінність-ефективність, володіючи оптимальним поєднанням характеристик.

СПИСОК ВИКОРИСТАНИХ ДЖЕРЕЛ

1. Мартинюк М. О. Вимірювання напружено-деформованого стану будівельних конструкцій / М. О. Мартинюк, Д. В. Шевчук // Нові напрямки розвитку приладобудування : 10-та Міжнародна науково-технічна конференція молодих учених та студентів, 26-28 квітня 2017 р. : тези доповідей і виступів. – Мінськ : БНТУ, 2017. – С. 7-8.
2. Датчики деформації. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studopedia.info/5-35478.html>
3. Тензодатчик: опис, конструкція і принцип роботи. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://dovidkam.com/remont/elektrika/tenzodatchik-opis-instrukciya-i-princip-roboti.html>
4. Датчик тиску. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://clc.am/wscrMA>
5. П'єзодатчики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.heuristic.su/effects/catalog/tech/byId/description/729/index.html>
6. Медичні датчики. [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <https://studfiles.net/preview/3904378/>
7. Магнітострикційний датчик з цифровим виходом [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://clc.am/ONSrNg>
8. Волоконно-оптичні датчик . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: <http://www.directindustry.com.ru/prod/scaime/product-6999-749487.html>
9. Волоконно-оптичні датчики . [Електронний ресурс]. – Режим доступу: http://www.laser-portal.ru/content_359

Наук. керівник – к.т.н. Півторак Д.О.